

Tata cara penghitungan hujan maksimum boleh jadi dengan metode Hersfield



© BSN 2012

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Gd. Manggala Wanabakti
Blok IV, Lt. 3,4,7,10.
Telp. +6221-5747043
Fax. +6221-5747045
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar Isi

Daftar Isi.....	i
Prakata.....	ii
Pendahuluan.....	iii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi.....	1
4 Data.....	2
5 Tata cara penghitungan hujan maksimum boleh jadi.....	7
6 Hujan maksimum boleh jadi rata-rata.....	10
7 Evaluasi hasil penghitungan hujan maksimum boleh jadi.....	11
8 Langkah penghitungan hujan maksimum boleh jadi.....	11
Lampiran A (Gambar).....	13
Lampiran B (Contoh penghitungan).....	15
Lampiran C.....	21
Lampiran D.....	24
Bibliografi.....	25

Prakata

Standar Nasional Indonesia 'Tata cara penghitungan hujan maksimum boleh jadi dengan metode Hersfield' ini termasuk dalam Gugus Kerja Hidrologi, Hidraulika, Lingkungan, Air Tanah, dan Air Baku pada SPT 91-01-S1 Bidang Sumber Daya Air. Standar ini disusun berdasarkan pada *Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation*, WMO-332 : Switzerland, 1986. Standar ini dapat digunakan sebagai acuan untuk melakukan penghitungan hujan maksimum boleh jadi dalam rangka meningkatkan kualitas perencanaan pelimpah bendungan.

Perumusan standar ini dilakukan melalui proses pembahasan pada Gugus Kerja, dan Konsensus ulang pada bulan November 2011 di serta proses penetapan pada Subpanitia Teknis 91-01-S1 Sumber daya air yang melibatkan para nara sumber dan pakar dari berbagai instansi terkait.



Pendahuluan

Bangunan pelimpah pada bendungan besar didesain untuk melimpahkan banjir maksimum boleh jadi (BMBJ) dengan aman. Oleh karena itu, dibutuhkan perkiraan besarnya BMBJ atau lebih dikenal dengan PMF (*Probable Maximum Flood*) yang melewatinya. Besaran BMBJ diestimasi dengan metode hubungan hujan-limpasan dengan hujan yang digunakan adalah hujan maksimum boleh jadi (HMBJ) yang lebih dikenal dengan nama PMP (*Probable Maximum Precipitation*)

HMBJ dapat diartikan sebagai tebalnya curah hujan turun dan merupakan batas atas secara fisik, untuk suatu durasi dan DPS tertentu. Terdapat beberapa pendekatan yang dapat dilakukan untuk menghitung PMP di antaranya pendekatan meteorologi dan statistik. Pendekatan secara meteorologi dapat dilakukan dengan menggunakan Metode *storm transposition* dan *moisture maximization*. Sementara itu pendekatan statistik dapat dilakukan dengan metode Hersfield. Pendekatan secara meteorologi tidak dapat dilakukan di Indonesia dikarenakan data yang diperlukan seperti: pusat tekanan tinggi dan rendah, *moisture source*, dan *dew point* tidak tersedia. Oleh karena itu pendekatan yang dapat dilakukan adalah pendekatan statistik dengan metode Hersfield.

Untuk mendapatkan besaran HMBJ yang realistis diperlukan data hujan harian maksimum tahunan sebagai masukan dalam penghitungan sehingga layak dan dapat dipertanggung jawabkan. Oleh karena itu diperlukan penyaringan data sebelum data digunakan dalam penghitungan nilai HMBJ. Penyaringan data terbagi dalam dua kelompok yaitu penyaringan secara manual dan penyaringan secara statistik.

Tata cara penghitungan hujan maksimum boleh jadi dengan metode Hersfield

1 Ruang lingkup

Tata cara penghitungan hujan maksimum boleh jadi mencakup: data yang digunakan, penyaringan data, penghitungan hujan maksimum boleh jadi dengan Metode Hersfield yang hanya berlaku untuk hujan titik dan bukan untuk hujan wilayah, serta evaluasi hasil penghitungan hujan maksimum boleh jadi (HMBJ).

2 Acuan normatif

SNI 3432, Tata cara penetapan banjir desain dan kapasitas pelimpah untuk bendung.

3 Istilah dan definisi

3.1

Hujan harian maksimum tahunan

hujan harian yang terbesar dalam satu tahun.

3.2

Keseragaman

semua elemen dari keseluruhan seri data dalam satu pos berasal dari satu populasi.

3.3

Ketidaktergantungan

tidak ada satu pun data di dalam seri data yang saling mempengaruhi.

3.4

Stasionaritas

tidak ada kecendrungan naik atau turun, tidak ada loncatan, tidak terbentuk suatu pola.

3.5

Hujan rencana

hujan dengan periode ulang tertentu.

3.6

Periode ulang 100 tahun

kejadian hujan yang sama atau lebih besar dari nilai hujan tertentu, mempunyai peluang rata-rata kejadian sekali dalam 100 tahun.

3.7

Hujan harian maksimum (R_{mak})

hujan maksimum harian dalam suatu periode pengamatan.

3.8

Hujan maksimum boleh jadi (HMBJ)

tebalnya curah hujan turun dan merupakan batas atas secara fisik untuk suatu durasi dan daerah aliran sungai tertentu.

3.9

Hujan harian absolut maksimum

besarnya hujan harian maksimum yang pernah terjadi.

3.10

Outlier (data bias)

data yang keluar dari populasinya dan jarang terjadi serta besarannya jauh dari yang lainnya, nilainya bisa sangat besar atau kecil dibandingkan dengan yang lainnya.

4 Data

Data yang diperlukan dalam penghitungan hujan maksimum boleh jadi adalah data hujan harian maksimum tahunan, sedangkan data yang diperlukan dalam penyaringan adalah data hujan harian absolut, data hujan bulanan, dan data hujan tahunan. Jenis data tersebut tersedia dalam *Year Book* dari tahun 1916 sampai 1984 yang diterbitkan oleh Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG), Jakarta. Setelah tahun 1984 data dapat dicari di BMG wilayah atau instansi terkait lainnya. Jika tersedia, data hujan harian sangat direkomendasikan untuk digunakan.

Persyaratan data hujan harian maksimum tahunan yang digunakan dalam penghitungan hujan maksimum boleh jadi adalah sebagai berikut :

- a) data sebaiknya berurutan. Jika memungkinkan dilakukan upaya pengisian data;
- b) data harus layak dan dapat dipertanggungjawabkan;
- c) data harus memenuhi kriteria statistik, yaitu : ketidaktergantungan, keseragaman, dan stasionaritas.

Untuk memenuhi persyaratan di atas maka dilakukan penyaringan data secara manual dan statistik sebelum digunakan dalam penghitungan hujan maksimum boleh jadi.

4.1 Penyaringan data secara manual**4.1.1 Pemeriksaan terhadap simbol pencatatan**

Sebelum dilakukan penyaringan data hujan harian maksimum tahunan pada suatu pos, pengguna data harus memahami simbol-simbol data publikasi, seperti :

- a) ta, artinya tidak ada data,
- b) 999, artinya tidak ada data,
- c) 0, artinya tidak terjadi hujan, dan
- d) -, artinya tidak ada data.

Dengan dipahaminya simbol-simbol pada data publikasi, diharapkan tidak ada kesalahan mengartikan simbol.

4.1.2 Pemeriksaan panjang pencatatan data

Pemeriksaan panjang pencatatan data (n) dilakukan paling awal sehingga mengurangi volume pekerjaan pemeriksaan data. Pos hujan yang digunakan pada penghitungan ini adalah pos hujan yang memiliki panjang pencatatan data lebih panjang atau sama dengan 20 tahun. Disarankan panjang pencatatan data lebih panjang dari 30 tahun. Jika jumlah tahun pencatatan data lebih kecil dari 20 tahun di suatu pos hujan, pos tersebut gugur dan tidak perlu dilakukan pemeriksaan lain.

4.1.3 Pemeriksaan seri data dalam suatu pos

4.1.4 Pemeriksaan hujan harian maksimum tahunan lebih kecil dari 20 mm

Data hujan harian maksimum tahunan lebih kecil dari 20 mm tidak digunakan pada penghitungan ini.

4.1.4.1 Pemeriksaan hujan harian maksimum tahunan terhadap hujan bulanan

Data hujan harian maksimum tahunan yang terjadi pada bulan tertentu diperiksa terhadap data hujan bulanan yang bersangkutan. Kriteria yang digunakan pada pemeriksaan ini adalah sebagai berikut.

- a) data diterima jika hujan harian maksimum tahunan lebih kecil dari hujan bulannya.
- b) data diragukan jika pada bulan yang bersangkutan tidak ada data bulanan maupun jumlah hari hujan.
- c) data ditolak jika besaran hujan harian maksimum tahunan lebih besar dari jumlah hujan bulanan pada bulan yang bersangkutan.
- d) data yang meragukan diperiksa secara spasial pada penyeleksian selanjutnya.

4.1.4.2 Data hujan harian maksimum tahunan sama atau lebih besar dari 400 mm diperiksa terhadap hujan bulannya

Sebelum menggunakan hujan harian maksimum tahunan lebih besar atau sama dengan 400 mm, sebaiknya dilakukan pemeriksaan khusus kebenaran besarnya hujan absolut tersebut. Kriteria pada pemeriksaan ini adalah sebagai berikut :

- a) data diterima jika hujan bulannya lebih besar dari hujan harian maksimum tahunan yang terjadi;
- b) data diragukan jika :
 - 1) besaran hujan bulannya hampir sama dengan hujan harian maksimum tahunan;
 - 2) bulan terjadinya R lebih besar atau sama dengan 400 mm berlainan;
 - 3) nama pos berubah;
 - 4) tidak ada data hujan bulanan;
 - 5) hujan bulanan sangat kecil.
- c) data ditolak jika hujan bulannya lebih kecil dari hujan harian maksimum tahunan.
- d) data yang meragukan diperiksa secara spasial pada penyeleksian selanjutnya.

4.1.4.3 Data hujan harian maksimum tahunan sama atau lebih besar dari 400 mm diperiksa terhadap hujan harian sebelum dan sesudahnya

Pemeriksaan tahap ini hanya dapat dilakukan jika data hujan harian tersedia. Penyeleksian tahap ini memiliki kriteria sebagai berikut .

Data diterima jika :

- a) besaran R lebih besar atau sama dengan 400 mm terdapat pada data harian kecuali yang diragukan;
- b) data diragukan jika :
 - 1) terjadinya angka-angka di atas 400 mm lebih dari sekali dalam waktu 3 hari;
 - 2) hari-hari sebelum terjadinya hujan diatas 400 mm tidak ada hujan;

- 3) tidak ada data hujan hariannya.
- c) data ditolak jika tidak terdapat dalam hujan harian.
- d) data yang meragukan diperiksa secara spasial pada penyeleksian selanjutnya.

4.2 Penyaringan data secara statistik

4.2.1 Pengujian keseragaman, ketidaktergantungan, dan outlier

Setelah pemeriksaan secara manual, data perlu diuji secara statistik keandalannya supaya memenuhi persyaratan-persyaratan, yakni melalui pengujian, keseragaman, ketidaktergantungan, dan outlier.

Pengujian ini terdiri dari 3 rangkaian uji yaitu :

- a) uji Wald-Wolfowitz untuk pemeriksaan ketidaktergantungan;
- b) uji Mann Whitney untuk pemeriksaan keseragaman;
- c) uji Grubbs & Beck untuk pendeteksian outlier.

Metode uji ketidaktergantungan dan stasionaritas dengan Wald – Wolfowitz

Untuk besar sampel N (X_1, \dots, X_N) Wald and Wolfowitz menguji ketidaktergantungan dan stasioner dengan statistik R sebagai berikut.

$$R = \left(\sum_{i=1}^{N-1} X_i X_{i+1} \right) + x_1 x_N \dots \dots \dots (1)$$

dengan :

- X_i adalah hujan harian maksimum tahunan pada saat i
- X_{i+1} adalah hujan harian maksimum tahunan pada saat i+1
- N adalah jumlah sampel data

Sampel dinyatakan ketidaktergantungan, bila R mengikuti distribusi normal dengan rata-rata dan varian sebagai berikut.

$$\bar{R} = \left(s_1^2 - s_2 \right) / (N-1) \dots \dots \dots (2)$$

$$Var(R) = \left(\frac{s_2^2 - s_4}{(N-1)} \right) - \bar{R}^2 + \left(\frac{S_1^4 - 4S_1^2 S_2 + 4S_1 S_3 + S_2^2 - 2S_4}{(N-1)(N-2)} \right) \dots \dots \dots (3)$$

$$S_m = N \cdot \sum_{i=1}^N X_i^m \dots \dots \dots (4)$$

dengan :

- m adalah momen 1, 2, 3 dan 4
- N adalah banyak sampel
- X_i adalah data ke i

$$U = (R - \bar{R}) / (Var(R))^{1/2} \dots \dots \dots (5)$$

Rumus (4) di atas mengikuti distribusi normal dan dapat digunakan untuk menguji hipotesis ketidaktergantungan dengan tingkat α , dengan cara membandingkan $|u|$ dengan 'standard normal deviate' $\mu_{\alpha/2}$ untuk kemungkinan melampaui $\alpha/2$.

Interpretasi hasil uji statistik $|U|$ adalah seperti berikut.

Jika $|U| \leq 1.96$, hipotesis ketidaktergantungan diterima dengan tingkat kepercayaan 5 %.

Jika $1.96 < |U| \leq (2.57)$, hipotesis ketidaktergantungan dengan tingkat kepercayaan 5 % ditolak tetapi pada 1 % diterima.

Jika $|U| > 2.57$, hipotesis ketidaktergantungan ditolak pada tingkat kepercayaan 1%.

Metode uji Mann – Whitney untuk keseragaman dan stationaritas

Seri data dibagi menjadi dua subkelompok dengan jumlah data tiap-tiap sub adalah p dan q . Seluruh seri data (berjumlah N) diurutkan dari kecil ke besar.

$$N = p + q \dots\dots\dots (6)$$

$$V = R - p(p+1)/2 \dots\dots\dots (7)$$

$$W = pq - V \dots\dots\dots (8)$$

dengan :

R adalah jumlah nomor urut (1 sampai N) dari sampel pertama (ukuran p)

Statistik Mann-Whitney yaitu U , ditentukan dari nilai terkecil V atau W .

U didekati dengan distribusi normal, dengan $\bar{U} = pq/2$ dan variannya seperti rumus 9 berikut,

$$Var(U) = \left[\frac{pq}{N(N-1)} \right] \left[\frac{N^3 - N}{12} - T \right] \dots\dots\dots (9)$$

dengan :

$$T = (J^3 - J)/12$$

J adalah nomor data yang terikat pada rangking p atau q yang terkecil.

N adalah jumlah sampel data

Untuk tingkat kepercayaan, α , besarnya $|U|$ (rumus 10) dibandingkan dengan varian normal baku, $\mu_{\alpha/2}$ yang mempunyai nilai kemungkinan melampaui $\alpha/2$.

$$|U| = |(U - \bar{U})/[Var(U)]^{1/2}| \dots\dots\dots (10)$$

Interpretasi hasil uji statistik $|U|$ adalah seperti berikut :

Jika $|U| \leq 1.96$, hipotesis ketidaktergantungan diterima tingkat kepercayaan 5 %.

Jika $1.96 < |U| \leq (2.57)$, hipotesis ketidaktergantungan dengan tingkat kepercayaan 5 % ditolak tetapi pada 1 % diterima.

Jika $|U| > 2,57$, hipotesis ketidaktergantungan ditolak pada tingkat kepercayaan 1%.

Uji deteksi *outlier* dengan Metode Grubbs and Beck

Outlier adalah data dengan nilai jauh berada di antara data yang lain. Keberadaan *outlier* biasanya mengganggu pemilihan jenis distribusi untuk suatu sampel data.

Uji Grubbs and Beck menetapkan dua batas ambang bawah (X_L) dan atas (X_H) :

$$X_H = \exp(\bar{x} + K_N S) \dots\dots\dots (11)$$

$$X_L = \exp(\bar{x} - K_N S) \dots\dots\dots (12)$$

dengan:

\bar{x} adalah rata-rata dari Ln sampel data

S adalah simpangan baku dari Ln sampel data

$K_N \approx -3,62201 + 6,28446 N^{1/4} - 2,49835 N^{1/2} + 0,491436 N^{3/4} - 0,037911 N$

N adalah jumlah sampel data

Data yang nilainya di bawah X_L diklasifikasikan sebagai *outlier* bawah dan yang nilainya di atas X_H dikategorikan *outlier* atas. Dalam penghitungan HMBJ *outlier* bawah langsung dibuang dan *outlier* atas harus dipertimbangkan masak-masak untuk membuangnya.

Uji pembuangan *outlier* atas

Seri data yang mengandung *outlier* atas diuji keseragamannya, ketidaktergantungan dan stationaritas dengan status :

- a) uji diterima, maka *outlier* atas tidak dibuang.
- b) uji ditolak, maka *outlier* atas dibuang sementara kemudian diuji lagi :
 - 1) hasil diterima maka *outlier* atas tidak dibuang
 - 2) hasil ditolak maka seri data dalam pos tersebut tidak digunakan.

4.2.2 Tinjauan secara spasial

Parameter statistik yang digunakan dalam tinjauan ini, adalah rata-rata (\bar{X}_n). Suatu daerah yang dibatasi oleh kondisi topografi dan kondisi klimatologi yang sama atau mirip akan memiliki parameter statistik yang tidak jauh berbeda. Hal tersebut memungkinkan diadakannya studi perbandingan secara spasial untuk pos yang menyimpang dalam suatu areal terhadap pos-pos di sekelilingnya.

Syarat dalam pengujian secara spasial ini adalah sebagai berikut :

- a) Pos diterima jika perbedaan parameter statistik antara pos yang diragukan dan pos sekitarnya tidak lebih dari 10%;
- b) Pos ditolak jika perbedaan parameter statistik antara pos yang diragukan dan pos sekitarnya lebih dari 10%.

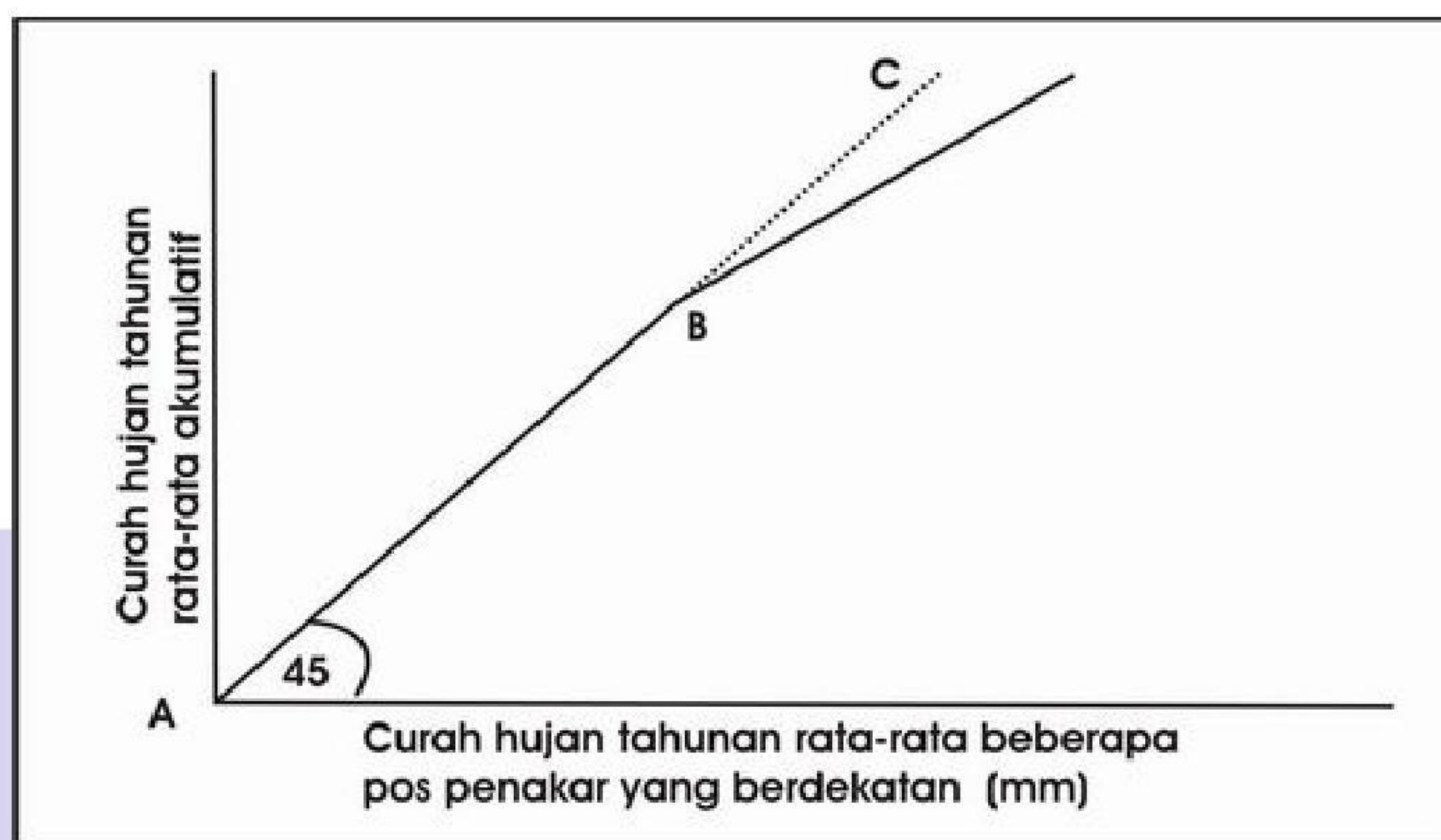
4.2.3 Perbandingan S_n , R_{maks} dan R_{100}

Pemeriksaan yang digunakan adalah membandingkan nilai R_{100} dan R_{maks} terhadap simpangan baku (S_n) dalam suatu daerah dengan menggambarannya dalam diagram acak. Makin besar S_n , makin besar variasi R_{100} dan R_{maks} ; dari satu daerah tersebut. Dari diagram

terdeteksi kembali pos hujan yang berada diluar populasinya dan perlu peninjauan ulang. Peninjauan ulang dapat dilakukan dengan metode kurva massa ganda (*Double Mass Curve*). Peninjauan kurva massa ganda menggunakan data hujan tahunan.

Persyaratan pada pengujian ini adalah sebagai berikut :

- Pos diterima jika kurva massa ganda yang terbentuk berupa garis lurus.atau terjadi penyimpangan kurang dari 5 % (Gambar 1, garis ABC)
- Pos ditolak jika kurva massa ganda yang terbentuk menyimpang lebih dari 5 % dari garis lurus. (Gambar 1, garis ABD)



Gambar 1 Kurva massa ganda

5 Tata cara penghitungan hujan maksimum boleh jadi

Metode Hershfield (1961, 1986) merupakan prosedur statistik yang digunakan untuk memperkirakan nilai hujan maksimum boleh jadi. Metode ini digunakan untuk kondisi dimana data meteorologi sangat kurang atau perlu perkiraan secara cepat. Hershfield mengembangkan rumus frekuensi Chow :

$$X_m = \bar{X}_p + K_m S_p \dots\dots\dots (13)$$

dengan :

X_m adalah nilai hujan maksimum boleh jadi.

\bar{X}_p adalah rata-rata dari seri data hujan harian maksimum tahunan berjumlah n yang telah dikalikan faktor penyesuaian.

K_m adalah nilai fungsi dari durasi hujan dan rata-rata hujan harian maksimum tahunan.

S_p adalah simpangan baku dari seri data hujan harian maksimum tahunan berjumlah n yang telah dikalikan faktor penyesuaian

Nilai K_m pada persamaan (13) didapatkan dari Gambar 2), Nilai K_m tergantung pada durasi dan rata-rata hujan harian maksimum tahunan. Semakin kering suatu daerah akan semakin tinggi nilai K_m .

Nilai \overline{X}_p dan S_p yang digunakan pada persamaan (13) adalah nilai \overline{X}_n dan S_n yang telah disesuaikan terhadap pengamatan maksimum dan terhadap panjang pencatatan data.

Penghitungan nilai \overline{X}_p dan S_p terhadap faktor-faktor koreksi adalah sebagai berikut :

$$\overline{X}_p = \overline{X}_n \cdot f_1 \cdot f_2 \dots\dots\dots (14)$$

dengan :

\overline{X}_p adalah rata – rata yang digunakan pada persamaan (13)

\overline{X}_n adalah rata-rata data hujan harian maksimum tahunan yang telah lolos penyaringan

f_1 adalah faktor penyesuaian terhadap pengamatan maksimum (Gambar 3)

f_2 adalah faktor penyesuaian terhadap panjang data (Gambar 5)

$$S_p = S_n \cdot f_3 \cdot f_4 \dots\dots\dots (15)$$

dengan :

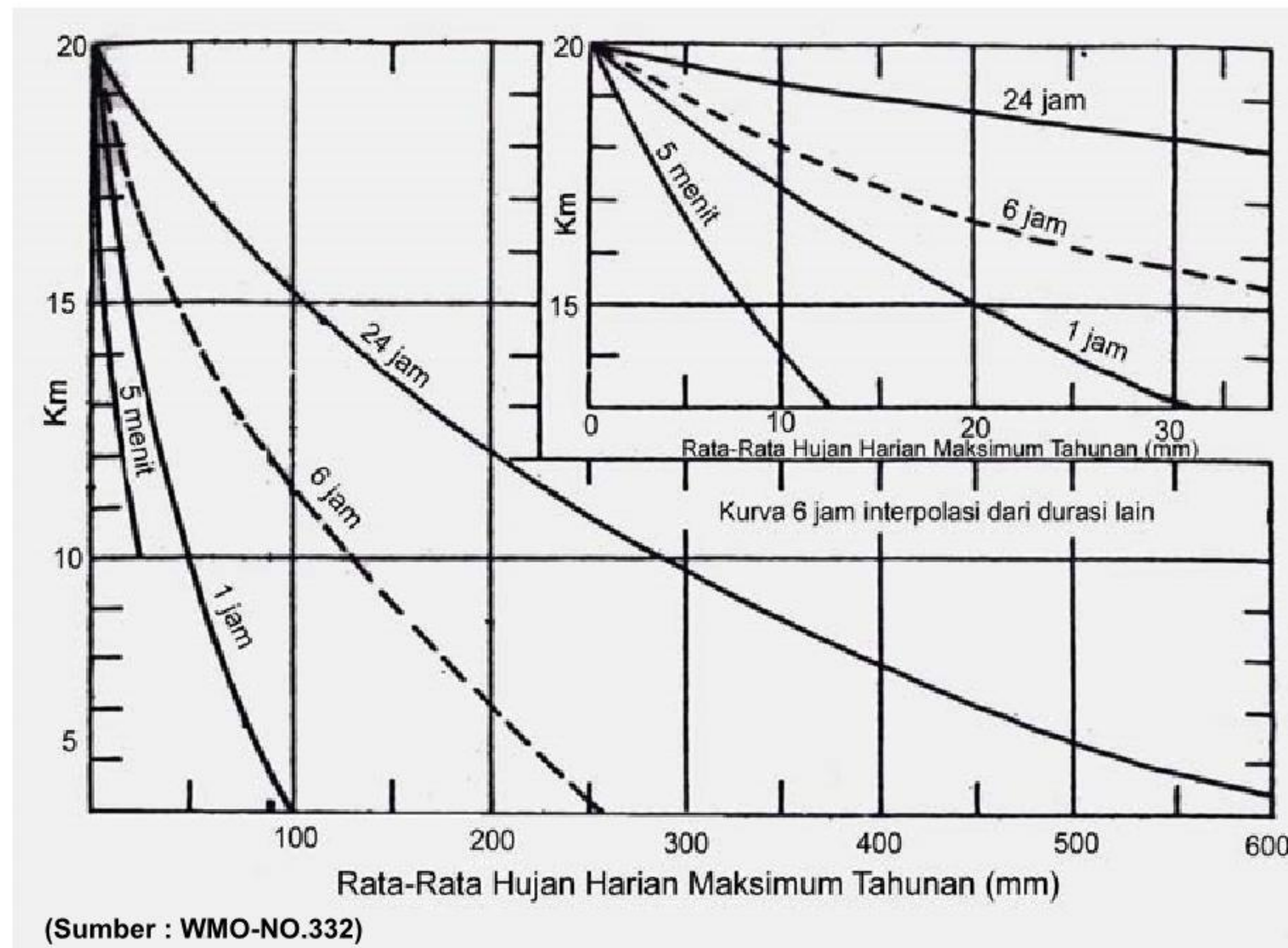
S_p adalah simpangan baku yang digunakan pada persamaan (13)

S_n adalah simpangan baku dari data hujan harian maksimum tahunan yang telah lolos penyaringan

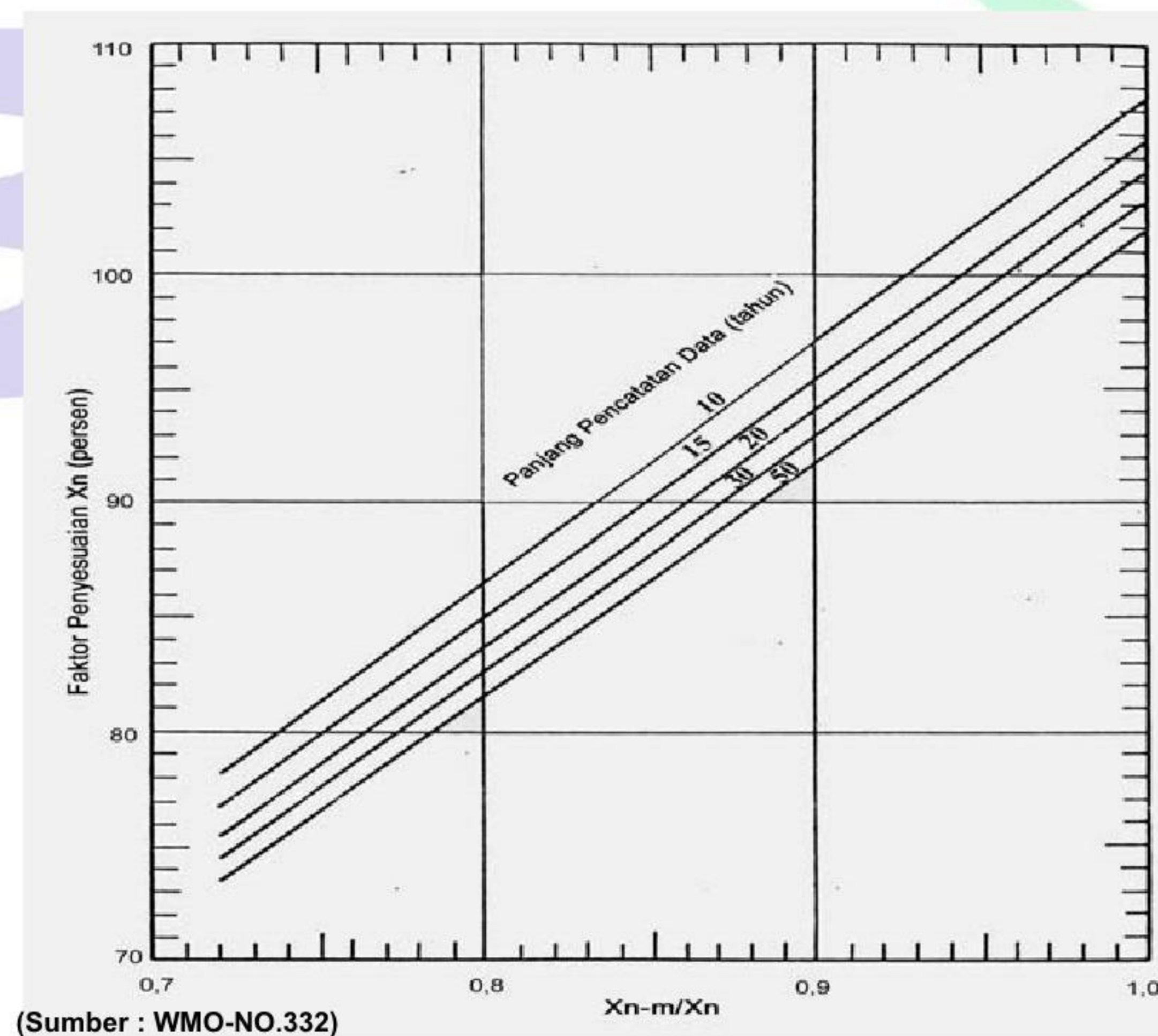
f_3 adalah faktor penyesuaian terhadap pengamatan maksimum (Gambar 4)

f_4 adalah faktor penyesuaian terhadap panjang data (Gambar 5)

Setelah dilakukan penghitungan hujan maksimum boleh jadi menggunakan persamaan (13), hasil tersebut harus dikalikan 1,13 (faktor pengali untuk durasi hujan 24 jam atau lebih) agar dapat menghasilkan atau mendekati hasil yang didapat dari hujan maksimum yang sebenarnya. Besaran 1,13 didasarkan pada penelitian dari ribuan pos hujan untuk hujan durasi 24 jam yang berasal dari pengukuran durasi tunggal, yaitu durasi 24 jam. Faktor pengali ini tidak berlaku untuk hujan 24 jam yang berasal dari pengukuran durasi lebih kecil misal 1 jam atau 6 jam.



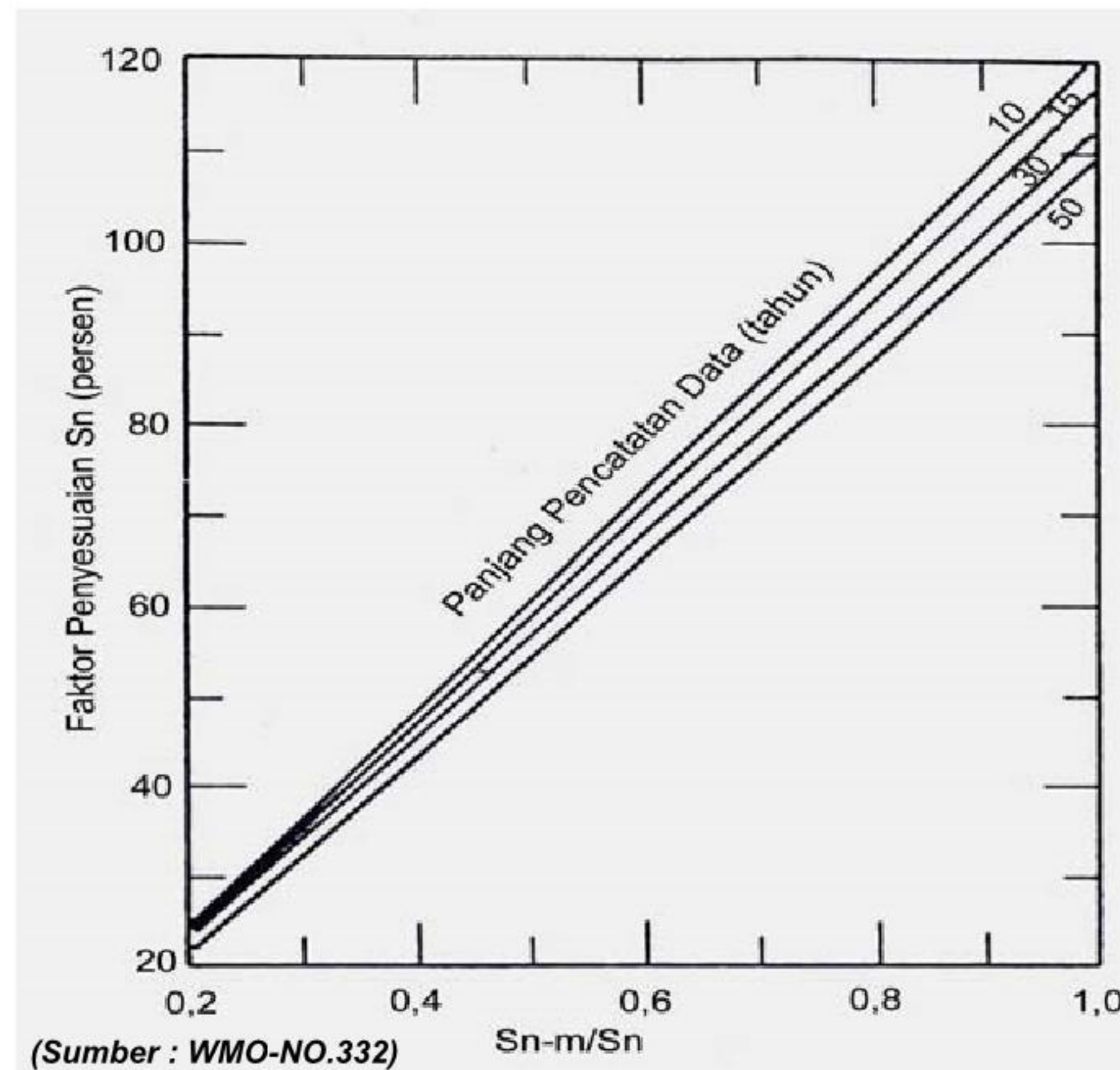
Gambar 2 Menentukan harga K_m



Gambar 3 Faktor penyesuaian rata-rata terhadap pengamatan maksimum

Keterangan gambar :

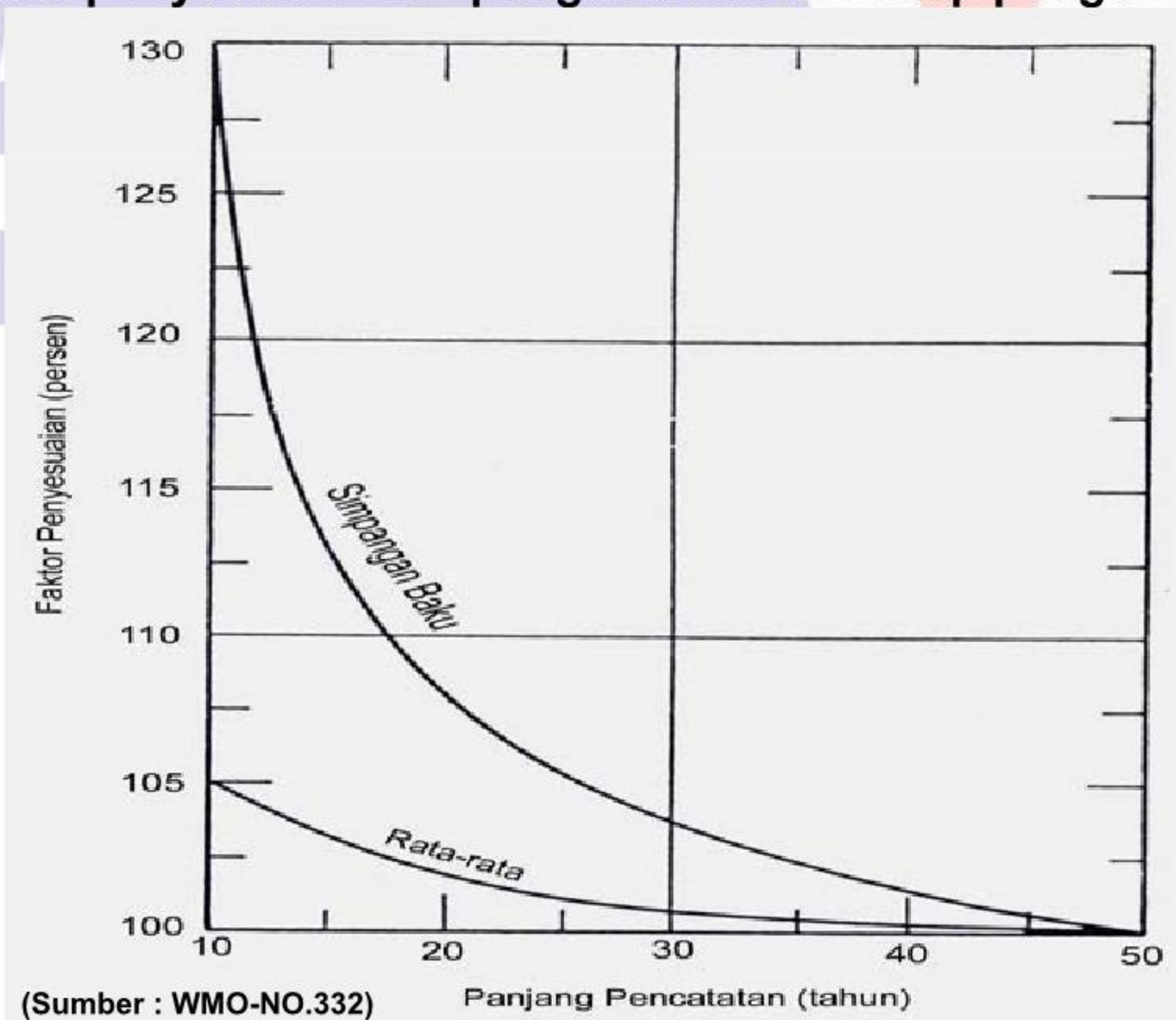
- 1 X_n adalah rata-rata hujan harian maksimum tahunan
2. X_{n-m} adalah rata-rata hujan harian maksimum tahunan tanpa nilai maksimum
3. Faktor penyesuaian X_n (persen) adalah f_1



Keterangan gambar :

1. S_n adalah simpangan baku
2. S_{n-m} adalah simpangan baku tanpa nilai maksimum
3. Faktor penyesuaian S_n (persen) adalah f_3

Gambar 4 Faktor penyesuaian simpangan baku terhadap pengamatan maksimum



Keterangan gambar :

1. Faktor penyesuaian rata-rata adalah f_2
2. Faktor penyesuaian simpangan baku adalah f_4

Gambar 5 Faktor penyesuaian rata-rata dan simpangan baku terhadap panjang pengamatan data

6 Hujan maksimum boleh jadi rata-rata

Penghitungan hujan maksimum boleh jadi didasarkan pada pendekatan statistik yang dikembangkan oleh Hershfield, mengacu pada data hujan harian maksimum tahunan di pos tertentu, sehingga hujan maksimum boleh jadi yang dihasilkan juga bersifat hujan titik (*point*

rainfall). Analisis banjir maksimum boleh jadi membutuhkan masukan utama hujan maksimum boleh jadi rata-rata di DPS yang bersangkutan (*basin rainfall*). Cara memperkirakan *basin rainfall* dari *point rainfall* yaitu dengan membuat peta isohit pada DPS tersebut. Setelah hujan harian maksimum tahunan rata-rata didapatkan dengan metode isohit, hasil tersebut harus dikalikan faktor penyesuaian untuk mendapat hujan maksimum boleh jadi rata-rata yang digunakan dalam banjir maksimum boleh jadi.

7 Evaluasi hasil penghitungan hujan maksimum boleh jadi

Hasil penghitungan hujan maksimum boleh jadi yang didapat dari tahapan penghitungan pada subbab sebelumnya adalah berupa hujan titik yang kemudian dibuat peta isohit awal. Peta ini perlu dikaji dan dievaluasi sebagai upaya untuk membuang atau tidak mengikutsertakan pos hujan yang mungkin masih mengandung kesalahan, akan tetapi belum terdeteksi oleh jenjang penyaringan yang dilakukan sebelumnya.

Evaluasi yang dilakukan adalah sebagai berikut.

- a) Tinjau besaran HMBJ terhadap hujan absolut. Besaran HMBJ tidak boleh lebih kecil dari hujan absolut pada pos yang sama atau pos terdekat dengan radius ± 5 km.
- b) Besaran 15% sampai dengan 50% HMBJ diperkirakan mempunyai periode ulang 100 sampai dengan 1000 tahunan.

- c) Bandingkan terhadap R_{100}

Pemeriksaan yang digunakan adalah membandingkan nilai R_{100} dan HMBJ. Nilai perbandingan (Rasio HMBJ / R_{100}) tersebut berkisar antara 2 sampai 6; untuk daerah pegunungan 2 dan daerah padang gurun 6. Di Pulau Jawa mempunyai Ratio 2 sampai 3. Pos hujan dengan nilai rasio meragukan dapat diuji ulang secara spasial baik parameter statistiknya maupun besarnya HMBJ yang dihasilkan dengan pos hujan disekitarnya dan kurva massa ganda dengan pos hujan disekitarnya.

- d) Evaluasi terhadap peta isohit yang dihasilkan

Untuk menghitung HMBJ di suatu Daerah Pengaliran Sungai perlu dibuat peta isohit. Peta isohit yang dihasilkan harus memenuhi persyaratan: suatu isohit yang mempertimbangkan topografi, arah angin, jenis hujan (hujan konvektif atau orografis) Evaluasi isohit dilakukan melalui peninjauan secara teliti garis isohit yang terbentuk. Kejanggalan yang muncul adalah seperti pusat hujan yang didasarkan pada 1 pos hujan saja. Pos hujan yang janggal diuji lagi secara spasial. Dalam hal ini kemungkinan ada pos hujan yang dibuang karena ada kejanggalan dalam pembuatan garis isohit.

- e) Tinjau terhadap karakteristik daerah yang ditinjau berdasarkan tinjauan meteorologi sebagai contoh daerah yang terpengaruh badai siklon tropis atau badai Teluk Benggala.

8 Langkah penghitungan hujan maksimum boleh jadi

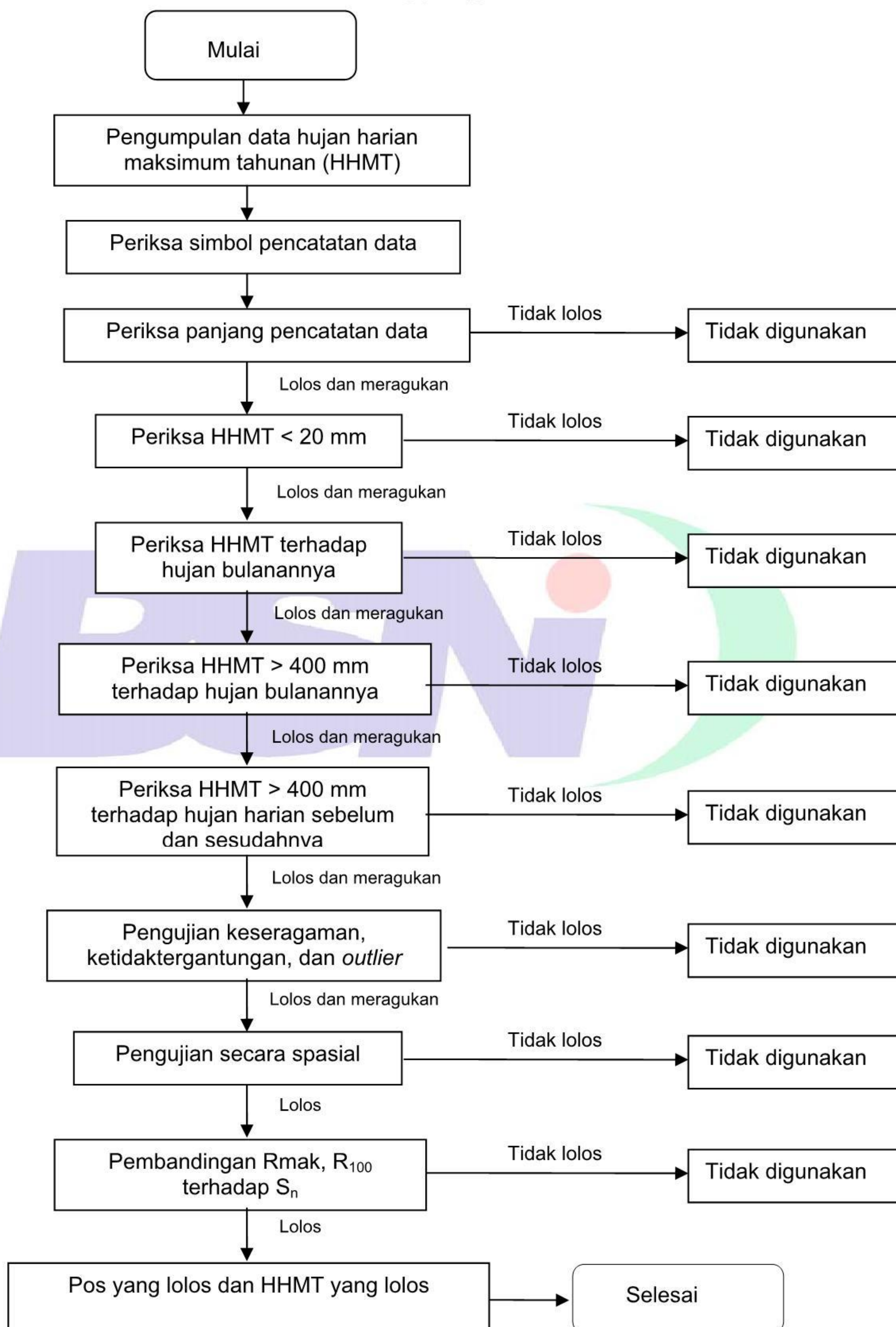
Langkah yang dilakukan dalam penghitungan hujan maksimum boleh jadi adalah sebagai berikut :

- a) Pengumpulan data
- b) Periksa simbol pencatatan data
- c) Periksa panjang pencatatan data.

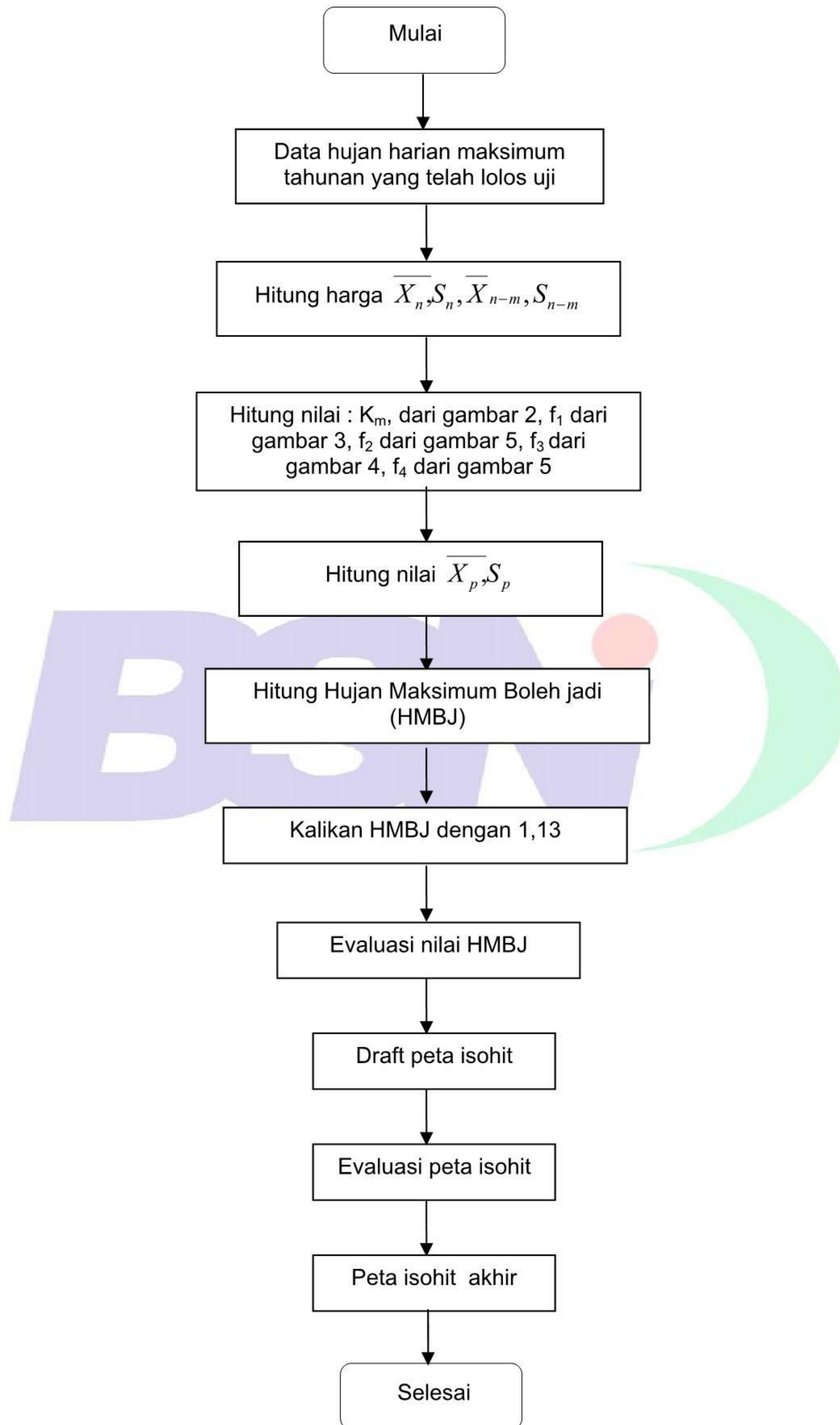
- d) Periksa hujan harian maksimum tahunan lebih kecil dari 20 mm.
- e) Periksa hujan harian maksimum tahunan terhadap hujan bulanan
- f) Periksa hujan harian maksimum tahunan yang sama atau lebih besar dari 400 mm terhadap bulanannya
- g) Periksa hujan harian maksimum tahunan yang sama atau lebih besar dari 400 mm terhadap hujan harian sebelum dan sesudahnya
- h) Periksa homogenitas, ketidaktergantungan, dan *outlier*
- i) Periksa secara spasial
- j) Periksa perbandingan nilai S_n , R_{mak} , dan R_{100}
- k) Hitung nilai rata-rata hujan harian maksimum tahunan
- l) Cari nilai K_m
- m) Cari faktor penyesuaian hujan rata-rata maksimum tahunan terhadap pengamatan maksimum
- n) Cari faktor penyesuaian hujan rata-rata maksimum tahunan terhadap panjang data
- o) Hitung nilai rata-rata yang telah dikalikan faktor penyesuaian
- p) Hitung simpangan baku
- q) Cari faktor penyesuaian simpangan baku terhadap pengamatan maksimum
- r) Cari faktor penyesuaian simpangan baku terhadap panjang data
- s) Hitung nilai simpangan baku yang telah dikalikan faktor penyesuaian
- t) Hitung nilai hujan maksimum boleh jadi
- u) Kalikan nilai hujan maksimum boleh jadi dengan 1,13
- v) Evaluasi besaran HMBJ yang dihasilkan
- w) Buat draft peta isohit
- x) Evaluasi peta isohit

Untuk lebih jelasnya, skema tahapan penyaringan data dan penghitungan hujan maksimum boleh jadi disajikan pada Lampiran A.

**Lampiran A
(normatif)
Gambar**



Gambar A.1 Bagan alir tahapan penyaringan data hujan harian maksimum tahunan



Gambar A.2 Bagan alir tahapan penghitungan hujan maksimum boleh jadi

Lampiran B
(informatif)
Contoh penghitungan

Sebagai contoh penghitungan digunakan data Stasiun Menes (no. stasiun 5). Data hujan harian maksimum tahunan Stasiun Menes dari tahun 1916 sampai 1984 dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel B.1 Data hujan harian maksimum tahunan

No.	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan (mm)	No.	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan (mm)
1	1916	227	36	1951	148
2	1917	210	37	1952	151
3	1918	198	38	1953	165
4	1919	136	39	1954	178
5	1920	131	40	1955	164
6	1921	318	41	1956	159
7	1922	162	42	1957	220
8	1923	100	43	1958	125
9	1924	119	44	1959	150
10	1925	268	45	1960	150
11	1926	114	46	1961	141
12	1927	141	47	1962	100
13	1928	154	48	1963	131
14	1929	148	49	1964	100
15	1930	171	50	1965	137
16	1931	195	51	1966	115
17	1932	173	52	1967	107
18	1933	304	53	1968	286
19	1934	220	54	1969	177
20	1935	119	55	1970	-
21	1936	227	56	1971	-
22	1937	223	57	1972	122
23	1938	152	58	1973	206
24	1939	99	59	1974	210
25	1940	-	60	1975	250
26	1941	-	61	1976	200
27	1942	117	62	1977	191
28	1943	120	63	1978	120
29	1944	-	64	1979	110
30	1945	-	65	1980	127
31	1946	-	66	1981	160
32	1947	-	67	1982	173
33	1948	-	68	1983	-
34	1949	-	69	1984	103
35	1950	-			

Penghitungan hujan maksimum boleh jadi dimulai dari penyaringan data hujan harian maksimum tahunan.

Penyaringan data

Langkah-langkah yang digunakan dalam penyaringan data adalah sebagai berikut.

- a) Periksa simbol pencatatan data.
Pada Stasiun Menes tanda yang digunakan adalah -, yang mempunyai arti tidak terdapat data.
- b) Periksa panjang pencatatan data.
Jumlah data pada Stasiun Menes adalah 57 buah. Syarat dari banyak pencatatan data adalah 20 buah, sehingga Stasiun Menes lolos dari tahap penyaringan ini dan dapat diuji pada penyaringan selanjutnya.
- c) Periksa hujan harian maksimum tahunan yang lebih kecil dari 20 mm.
Seperti terlihat pada Tabel B.1 bahwa tidak terdapat data yang nilainya lebih kecil dari 20 mm, sehingga seluruh data pada Stasiun Menes lolos penyaringan.
- d) Periksa hujan harian maksimum tahunan terhadap bulanan
Pada Tabel B.2. disajikan nilai hujan harian maksimum tahunan dan nilai hujan bulannya. Dari tabel tersebut terlihat hujan harian maksimum tahunan yang terjadi nilainya lebih kecil dari hujan bulannya, sehingga data tersebut lolos dari penyaringan ini.
- e) Periksa data hujan harian maksimum tahunan sama atau lebih besar dari 400 mm terhadap hujan bulannya.
Pada Stasiun Menes tidak terdapat hujan harian maksimum tahunan yang nilainya sama atau lebih besar dari 400 mm, sehingga penyaringan ini tidak dilakukan.
- f) Periksa data hujan harian maksimum tahunan sama atau lebih besar dari 400 mm terhadap hujan harian sebelum dan sesudahnya
Pada Stasiun Menes tidak terdapat hujan harian maksimum tahunan yang nilainya sama atau lebih besar dari 400 mm, sehingga penyaringan ini tidak dilakukan.
- g) Lakukan penyaringan data secara statistik
Setelah dilakukan proses penyaringan data hujan harian maksimum tahunan selanjutnya stasiun yang lolos dan data yang lolos digunakan dalam penghitungan hujan maksimum boleh jadi.

Tabel B.2 Data nilai hujan harian maksimum tahunan dan nilai hujan bulanan

No.	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan (mm)	Hujan Bulanan (mm)	No.	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan (mm)	Hujan Bulanan (mm)
1	1916	227	617	36	1951	148	378
2	1917	210	976	37	1952	151	370
3	1918	198	1104	38	1953	165	1174
4	1919	136	553	39	1954	178	946
5	1920	131	479	40	1955	164	379
6	1921	318	800	41	1956	159	453
7	1922	162	625	42	1957	220	821
8	1923	100	257	43	1958	125	565
9	1924	119	475	44	1959	150	345
10	1925	268	642	45	1960	150	576
11	1926	114	575	46	1961	141	474
12	1927	141	699	47	1962	100	444
13	1928	154	615	48	1963	131	261
14	1929	148	957	49	1964	100	874
15	1930	171	565	50	1965	137	1078
16	1931	195	871	51	1966	115	1097
17	1932	173	872	52	1967	107	346
18	1933	304	934	53	1968	286	1209
19	1934	220	780	54	1969	177	492
20	1935	119	506	55	1970	-	
21	1936	227	653	56	1971	-	
22	1937	223	1111	57	1972	122	688
23	1938	152	573	58	1973	206	671
24	1939	99	353	59	1974	210	625
25	1940	-		60	1975	250	895
26	1941	-		61	1976	200	400
27	1942	117	372	62	1977	191	644
28	1943	120	624	63	1978	120	430
29	1944	-		64	1979	110	567
30	1945	-		65	1980	127	400
31	1946	-		66	1981	160	900
32	1947	-		67	1982	173	751
33	1948	-		68	1983	-	
34	1949	-		69	1984	103	1332
35	1950	-					

Penghitungan hujan maksimum boleh jadi

Rumus yang digunakan dalam penghitungan ini adalah :

$$X_m = \overline{X}_p + K_m S_p$$

Langkah-langkah yang digunakan dalam penghitungan adalah sebagai berikut :

a) Penghitungan nilai \overline{X}_p

Rumus yang digunakan :

$$\overline{X}_p = \overline{X}_n \cdot f_1 \cdot f_2$$

dengan pengertian :

\overline{X}_n adalah rata-rata data hujan maksimum tahunan yang telah lolos penyaringan yaitu 165,298 mm.

f_1 adalah faktor penyesuaian terhadap pengamatan maksimum yang didapat dari Gambar 3.

- Lihat Gambar 3.

$$\begin{aligned} X_{n-m} &= 162,571 \text{ mm} \\ X_n &= 165,298 \text{ mm} \\ X_{n-m} / X_n &= 0,984 \end{aligned}$$

dengan panjang pencatatan 57 tahun, maka faktor penyesuaiannya adalah 1,001.

f_2 adalah faktor penyesuaian terhadap panjang data didapat dari Gambar 5.

- Lihat Gambar 5.

Panjang pencatatan adalah 57 tahun, maka faktor penyesuaian adalah 1.

maka :

$$\overline{X}_p = 165,298 \cdot 1,001 \cdot 1 = 165,518$$

Jadi, rata-rata hujan harian maksimum dengan panjang pencatatan 57 tahun adalah 165,518 mm

b) Penghitungan nilai K_m

Harga K_m tergantung pada durasi nilai hujan maksimum boleh jadi dan rata-rata hujan harian maksimum tahunan yang didapat dari Gambar 2. Durasi nilai hujan maksimum boleh jadi adalah 24 jam dan rata-rata hujan harian maksimum tahunan adalah 165,298 mm, maka harga K_m adalah 13,155.

c) Penghitungan nilai S_p

Rumus yang digunakan :

$$S_p = S_n \cdot f_3 \cdot f_4$$

dengan :

S_n adalah simpangan baku dari data hujan harian maksimum tahunan yang telah lolos penyaringan, yaitu 52,935.

f_3 adalah faktor penyesuaian terhadap pengamatan maksimum didapat dari Gambar 4.

- Lihat Gambar 4.

$$\begin{aligned} S_{n-m} &= 49,209 \\ S_n &= 52,935 \\ S_{n-m} / S_n &= 0,930 \end{aligned}$$

dengan panjang pencatatan 57 tahun, maka faktor penyesuaiannya adalah 1,013.

f_4 adalah faktor penyesuaian terhadap panjang data didapat dari Gambar 5.

- Lihat Gambar 5.

Panjang pencatatan adalah 57 tahun, maka faktor penyesuaian adalah 1.
maka :

$$S_p = 52,935 \cdot 1,013 \cdot 1 = 53,631$$

Jadi, simpangan baku hujan harian maksimum panjang pencatatan 57 tahun adalah 52,935 mm

d) Penghitungan hujan maksimum boleh jadi

$$X_m = \overline{X}_p + K_m S_p$$

Dari penghitungan tahap 1 sampai 3 didapatkan nilai :

\overline{X}_p adalah 165,518 mm

K_m adalah 13,155.

S_p adalah 53,631 mm

maka :

$$X_m = 165,518 + 13,155 \cdot 53,631 = 868,916$$

Jadi, nilai hujan maksimum boleh jadi adalah 868,916 mm.

Untuk mendapatkan hasil hujan maksimum boleh jadi yang mendekati hujan maksimum yang sebenarnya, maka hasil penghitungan X_m harus dikalikan dengan 1,13 sehingga nilai hujan maksimum boleh jadi di stasiun Menes adalah 981,875 mm.



Lampiran C
(normatif)
Prosedur penghitungan hujan maksimum boleh jadi untuk DPS

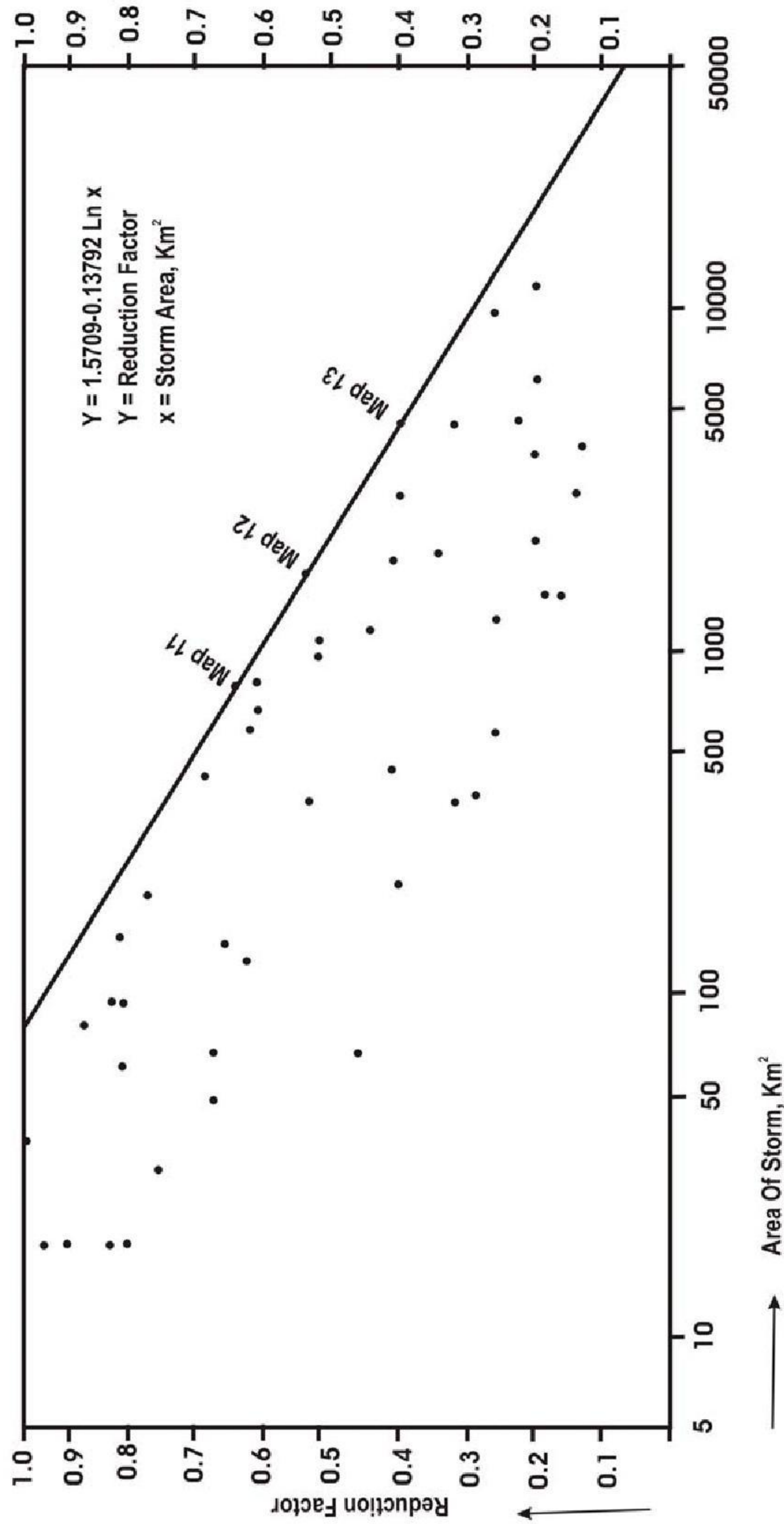
Hujan maksimum boleh jadi yang dihasilkan masih berupa hujan titik dengan durasi 24 jam. Oleh karena itu diperlukan suatu prosedur untuk mencapai hujan maksimum boleh jadi dalam artian hujan rata-rata DPS atau hujan wilayah.

Langkah yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut .

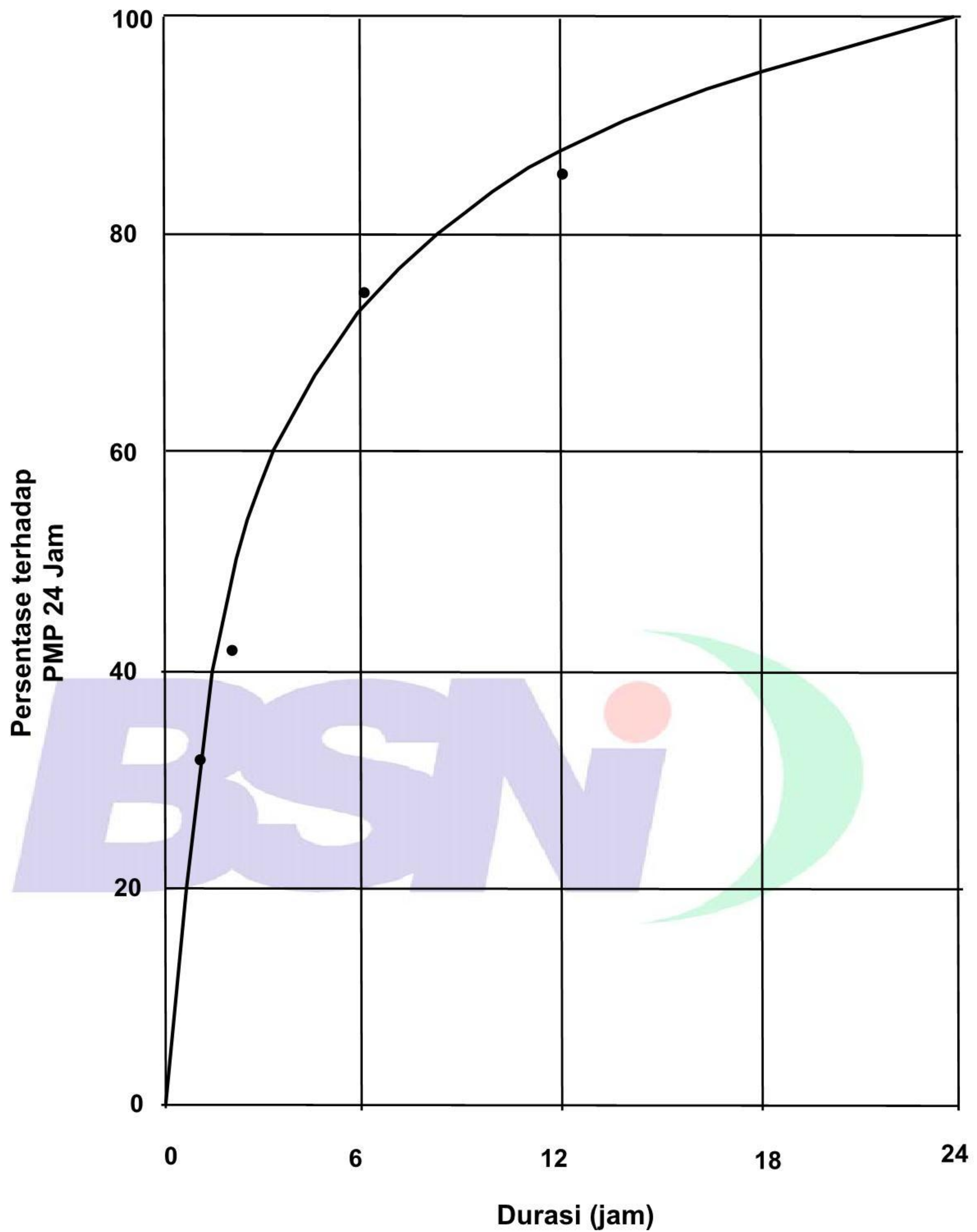
- a) Plot DPS yang bersangkutan dalam peta isohit hujan maksimum boleh jadi 24 jam yang tersedia. Perlu diperhatikan penempatan bujur dan lintang supaya lokasi tidak menyimpang.
- b) DPS yang bersangkutan dilalui oleh beberapa garis isohit, luas antara 2 garis isohit yang berurutan disebut A_i , nilai hujan maksimum boleh jadi antara dua garis isohit merupakan rata-rata dari garis yang mengapitnya disebut R_i
- c) Hujan rata-rata DPS berdasarkan hujan titik adalah penjumlahan antara perkalian A_i dan R_i dibagi luas DPS, atau dengan perkataan lain :

$$HMBJ_{\text{titik}} = \frac{\sum A_i \cdot R_i}{\sum A_i}$$

- d) Gambar C.1 menggambarkan koefisien reduksi yang perlu diperhitungkan untuk mengubah hujan maksimum boleh jadi titik menjadi hujan maksimum boleh jadi DPS-24 jam, koefisien reduksi tergantung dari luas DPS-nya. Jadi hujan maksimum boleh jadi DPS sama dengan hujan maksimum boleh jadi titik dikalikan koefisien reduksi.
- e) Tentukan durasi dari hujan maksimum boleh jadi jika kurang dari 24 jam. Gunakan koefisien reduksi yang tercantum dalam Gambar C.2.



Gambar C.1 Faktor reduksi wilayah hujan titik untuk hujan badai



Gambar C.2 Koefisien reduksi dari R-24 Jam

Bibliografi

1. Bobee Bernard, and Fahim Ashkar (1991). *The Gamma Family and Derived Distributions Applied in Hydrology*, Water Resources Publications, Colorado, USA
2. Committee on Safety Criteria for Dams, Water Science and Technology Board, Commission on Engineering and Technical Systems and National Research Council.(1985). *Safety of Dams Flood and Earthquake Criteria*. National Academy Press, Washington, D.C.
3. Mulyantari Fransisca, Wanny Adidarma, dan Lanny Martawati (1998). Penyaringan Data Hujan Harian Maksimum Tahunan untuk Persuapan Estimasi PMP, *Prosiding PIT-XV HATHI*, Bandung.
4. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan (1998). *Penelitian Hujan Maksimum Boleh jadi(PMP) yang Memperhitungkan Faktor Keamanan terutama Bendungan di Pulau Jawa,Indonesia*.
5. WMO-332, Switzerland 1986 : *Manual for estimation of probable maximum precipitation*.

